



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 07 049 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**F 01 N 9/00**

⑳ Aktenzeichen: 100 07 049.3  
㉑ Anmeldetag: 17. 2. 2000  
㉒ Offenlegungstag: 23. 8. 2001

**DE 100 07 049 A 1**

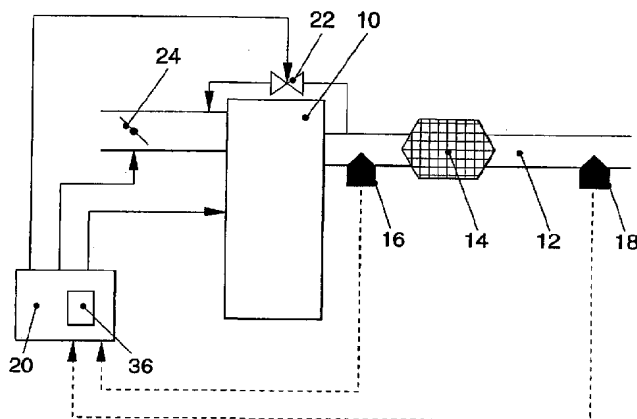
㉑ Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE  
  
㉒ Vertreter:  
Schneider, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 10117 Berlin

㉑ Erfinder:  
Hahn, Hermann, 38165 Lehre, DE; Hinze, Sören,  
38114 Braunschweig, DE  
  
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 197 16 275 C1  
DE 198 28 609 A1  
DE 197 58 018 A1  
DE 196 36 790 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer NO<sub>x</sub>-Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer NO<sub>x</sub>-Regeneration eines im Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine für Kraftfahrzeuge angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators, wobei die NO<sub>x</sub>-Regeneration zumindest eingeleitet wird, wenn ein Schwellenwert für einen Beladungszustand des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators oder eine NO<sub>x</sub>-Emission stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators überschritten wird. Es ist vorgesehen, daß  
(a) erfaßt wird, ob die Verbrennungskraftmaschine (10) in einen Leerlauf geschaltet ist, und daß  
(b) alternativ oder in beliebiger Kombination  
- im Leerlauf der Schwellenwert für den Beladungszustand oder die NO<sub>x</sub>-Emission erhöht wird,  
- die NO<sub>x</sub>-Regeneration nur nach Ablauf vorgegebener Zeitintervalle eingeleitet wird,  
- eine laufende NO<sub>x</sub>-Regeneration beim Wechsel in den Leerlauf unterbrochen wird.



**DE 100 07 049 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung einer NO<sub>x</sub>-Regeneration eines im Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine für Kraftfahrzeuge angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators mit den in den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche genannten Merkmalen.

Es ist bekannt, zur Reinigung eines Abgases von Verbrennungskraftmaschinen eine Abgasreinigungsanlage im Abgasstrang zu integrieren. Die Abgasreinigungsanlage umfaßt dabei üblicherweise Komponenten wie Partikelfilter oder Katalysatoren. Soli eine NO<sub>x</sub>-Rohemission der Verbrennungskraftmaschine gemindert werden, so umfassen diese Katalysatoren einen Reduktionskatalysator. Sofern die Massenströme an reduzierend wirkenden Schadstoffen wie Kohlenmonoxid CO und unvollständig verbrannten Kohlenwasserstoffen HC im Bereich des Reduktionskatalysators ausreichend hoch sind, wird mit Hilfe der Reduktionsmittel NO<sub>x</sub> zu Stickstoff konvertiert.

Unter dem Gesichtspunkt minimierter Kraftstoffverbräuche hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Verbrennungskraftmaschine bei mageren Luftverhältnissen zu betreiben. Allerdings ist der Betrieb im verbrauchsoptimierten Bereich einerseits mit erhöhter NO<sub>x</sub>-Emission und andererseits mit verringerten Reduktionsmittelmassenströmen verbunden. Zur Vermeidung hoher NO<sub>x</sub>-Emissionen ist daher dem Katalysator ein NO<sub>x</sub>-Speicher zugeordnet, der das NO<sub>x</sub> als Nitrat absorbiert. Der NO<sub>x</sub>-Speicher kann mit dem Katalysator als sogenannter NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator zusammengefaßt werden.

Eine Speicherkapazität des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators ist naturgemäß mengenmäßig beschränkt, so daß zur Vermeidung von NO<sub>x</sub>-Durchbrüchen in regelmäßigen Abständen eine NO<sub>x</sub>-Regeneration stattfinden muß. Während der NO<sub>x</sub>-Regeneration erfolgt ein Wechsel in den stöchiometrischen oder fetten Betrieb. Das zuvor in Form von Nitrat absorbierte NO<sub>x</sub> wird wieder freigesetzt. Üblicherweise wird die NO<sub>x</sub>-Regeneration in Gang gesetzt, wenn ein Schwellenwert für einen Beladungszustand des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators oder eine stromab durch eine NO<sub>x</sub>-sensitive Meßeinrichtung erfaßte NO<sub>x</sub>-Emission (Durchbruchsemission) überschritten wird. Nachteilig hierbei ist, daß die Bestimmung einer Regenerationsnotwendigkeit in allen Betriebsphasen des Kraftfahrzeuges nach den gleichen Kriterien erfolgt. Da jedoch in einer Leerlaufphase wesentlich geringere Abgasströme und damit bei eingeleiteter NO<sub>x</sub>-Regeneration geringere Reduktionsmittelmassenströme vorhanden sind, kann das wieder desorbierte NO<sub>x</sub> nur noch unvollständig an der Katalysatorkomponente reduziert werden. Neben der unerwünschten hohen NO<sub>x</sub>-Emission während der NO<sub>x</sub>-Regeneration ist ein regenerationsbedingter Mehrverbrauch in der Leerlaufphase höher als in Phasen hoher Lastanforderungen an die Verbrennungskraftmaschine. Weiterhin ist nachteilig, daß die NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlauf häufig mit einer unerwünschten Lärmentwicklung einhergeht. Zusätzlich dauern NO<sub>x</sub>-Regenerationen im Leerlauf wegen der geringeren Abgasströme länger, und der verbrauchsungünstige Betrieb muß daher auch länger aufrechterhalten werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit denen die geschilderten Nachteile des Standes der Technik überwunden werden können. Die gefundene Lösung soll sich dabei in einfacher Weise in bereits regelungstechnisch bewährten Modellen integrieren lassen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Vorrichtung und das Verfahren zur Steuerung der NO<sub>x</sub>-Regenera-

tion des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator mit den in den unabhängigen Ansprüchen genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, daß gemäß dem Verfahren

(a) erfaßt wird, ob die Verbrennungskraftmaschine in einen Leerlauf geschaltet ist, und daß

(b) alternativ oder in beliebiger Kombination

- im Leerlauf der Schwellenwert für den Beladungszustand oder die NO<sub>x</sub>-Emission erhöht wird,
- die NO<sub>x</sub>-Regeneration nur nach Ablauf vorgegebener Zeitintervalle eingeleitet wird,
- eine laufende NO<sub>x</sub>-Regeneration beim Wechsel in den Leerlauf unterbrochen wird,

kann zum Beispiel eine Magerphase im Leerlaufbetrieb bis zur nächsten zwingend erforderlichen NO<sub>x</sub>-Regeneration verlängert werden beziehungsweise entsprechend den vorgegebenen Zeitintervallen geregelt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt dabei Mittel, mit denen die geschilderten Verfahrensschritte durchführbar sind. Ein solches Mittel ist vorzugsweise ein Steuergerät, in dem eine Prozedur in digitalisierter Form hinterlegt ist, die die Steuerung der NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlauf ermöglicht. Das Steuergerät kann als selbständige Steuereinheit realisiert werden oder aber auch in ein bereits häufig vorhandenes Motorsteuergerät integriert werden.

Wird während eines Wechsels in den Leerlauf gerade eine NO<sub>x</sub>-Regeneration durchgeführt, so wird diese in bevorzugter Weise zu Ende geführt, wenn der Wechsel in den Leerlauf in einer Schubabschaltungsphase erfolgt, eine Drehzahl oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes liegt oder eine Kraftfahrzeuggeschwindigkeit noch eine vorgegebene Grenzggeschwindigkeit übersteigt. Bei Unterbrechung der NO<sub>x</sub>-Regeneration wird ein Merker gesetzt, der dazu führt, daß die NO<sub>x</sub>-Regeneration in einer sich anschließenden Beschleunigungsphase fortgeführt wird. Selbstverständlich wird der Merker zurückgenommen, wenn bereits eine NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlaufbetrieb durchgeführt werden mußte.

Weiterhin ist bevorzugt, die NO<sub>x</sub>-Regeneration unter Vorgabe eines Lambdawertes im Bereich von 0,85 bis 1,0 durchzuführen. Auf alle Fälle sollte die NO<sub>x</sub>-Regeneration jedoch weniger fett als bei sonst üblichen NO<sub>x</sub>-Regenerationen durchgeführt werden. Hierdurch läßt sich die Lärmentwicklung im Vergleich zur "normalen" NO<sub>x</sub>-Regeneration bei Lambdawerten, die deutlich geringer sind als 0,85, herabsetzen. In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird eine NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlauf immer dann eingeleitet, wenn aus irgendeinem Grund ein Wechsel in einen  $\lambda = 1$ -Betrieb erforderlich ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein Druck in einem Bremskraftverstärker erhöht werden soll.

Insgesamt kann durch die genannten Maßnahmen eine Anzahl an NO<sub>x</sub>-Regenerationen im Leerlaufbetrieb gegenüber den sonstigen Betriebsphasen des Kraftfahrzeuges gemindert werden, so daß Kraftstoffverbrauch, NO<sub>x</sub>-Emission während der NO<sub>x</sub>-Regeneration und die Lärmentwicklung verringert werden.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein Prinzipschaltbild einer Verbrennungskraftmaschine mit einem im Abgasstrang angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator und

**Fig. 2** ein Blockschaltbild zur Steuerung einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators im Leerlauf.

Die **Fig. 1** zeigt eine Verbrennungskraftmaschine **10** mit einem nachfolgend im Abgasstrang **12** angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator **14**. Hierbei ist dem Abgasstrang **12** eine geeignete Sensorik zur Erfassung der Luftverhältnisse im Abgas oder der Anteile spezifischer Schadstoffkomponenten zugeordnet. So kann beispielsweise ein Gassensor **16** als Lambdasonde und ein Gassensor **18** als  $\text{NO}_x$ -sensitive Meßeinrichtung vorgesehen sein. Die durch die Sensorik erfaßten Daten werden in bekannter Weise in einem Motorsteuergerät **20** zur Verfügung gestellt. In dem Motorsteuergerät **20** sind in digitalisierter Form Modelle hinterlegt, mit denen Stellgrößen für der Verbrennungskraftmaschine **10** zugeordneten Komponenten ermittelt werden. Die Komponenten erlauben eine Beeinflussung des Verbrennungsvorganges hinsichtlich eines Luftverhältnisses, eines Zündwinkels oder auch einer eingespritzten Kraftstoffmasse. So kommen beispielsweise als Stellgrößen in Frage ein Öffnungswinkel eines Abgasrückführventils **22** oder eine Stellung einer Drosselklappe **24**. Die Vorrichtung und das Verfahren zur Regulierung des Verbrennungsvorganges sind hinreichend bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht näher erläutert.

Daneben werden weitere Zustandsparameter, wie zum Beispiel eine Drosselklappenstellung oder ein Fahrpedalwinkel, in das Motorsteuergerät **20** eingelesen, mit denen in bekannter Weise ermittelt werden kann, ob sich das Kraftfahrzeug in einer Phase des Leerlaufes befindet. Dieser Status des Kraftfahrzeuges wird anschließend in ein Steuergerät **36** eingelesen, das hier in dem Motorsteuergerät **20** implementiert ist.

Herrscht ein Sauerstoffüberschuß während des Verbrennungsvorganges eines Luft-Kraftstoff-Gemisches, ist eine  $\text{NO}_x$ -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine **10** erhöht und gleichzeitig sind die zur Konvertierung von  $\text{NO}_x$  benötigten Reduktionsmittel Kohlenmonoxid  $\text{CO}$  und unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe  $\text{HC}$  gemindert. Da sich dieser Betriebsbereich als besonders verbrauchsgünstig erwiesen hat, muß zur Vermeidung von  $\text{NO}_x$ -Emissionen das  $\text{NO}_x$  in einer Speicherkomponente des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators **14** absorbiert werden. Erfolgt ein Wechsel in den stöchiometrischen oder fetten Betrieb, wird das in Form von Nitrat gespeicherte  $\text{NO}_x$  zumindest unmittelbar nach Wechsel der atmosphärischen Bedingungen im  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator **14** wieder sehr schnell desorbiert. Bei zu niedrigen Reduktionsmittelmassenströmen ist dann eine Bereitstellung der Reduktionsmittel an der Katalysator-komponente des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators nicht in dem notwendigen Maße möglich, so daß unerwünschte  $\text{NO}_x$ -Emissionen auftreten können.

Mit Hilfe des nachfolgend geschilderten Verfahrens (siehe **Fig. 2**) ist es unter anderem möglich, in der durch niedrige Abgasströme gekennzeichneten Leerlaufphase den Magerbetrieb länger aufrechtzuerhalten und damit eine Anzahl von  $\text{NO}_x$ -Regenerationen im Leerlaufbetrieb gegenüber anderen Betriebsphasen zu reduzieren. Weiterhin kann eine Lärmentwicklung durch die  $\text{NO}_x$ -Regeneration unterdrückt werden.

Zunächst wird in einer ersten Abfrage ermittelt, ob sich das Kraftfahrzeug in einer Leerlaufphase befindet (Schritt S1). Ist dies zu verneinen, so kann die  $\text{NO}_x$ -Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators **14** nach einem herkömmlichen Verfahren gesteuert werden. Dazu kann beispielsweise ein Beladungszustand des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators **14** oder eine  $\text{NO}_x$ -Emission stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators **14** überwacht werden (Schritt S2). Beim Überschreiten eines Schwellenwertes für diese Größe wird die  $\text{NO}_x$ -

Regeneration durch einen Wechsel in den stöchiometrischen oder fetten Betrieb initiiert.

Liegt eine Leerlaufphase vor, so wird zunächst in einer sich anschließenden Abfrage (Schritt S3) ermittelt, ob der Wechsel in den Leerlauf während einer laufenden  $\text{NO}_x$ -Regeneration stattfindet. Ist dies zu bejahen, so wird im Schritt S4 ermittelt, ob eine Schubabschaltungsphase vorliegt und/oder das Kraftfahrzeug noch eine Geschwindigkeit aufweist, die oberhalb einer vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit liegt, und/oder eine Drehzahl einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt. Liegen diese Randbedingungen vor, so wird zunächst die  $\text{NO}_x$ -Regeneration zu Ende geführt (Schritt S5). Ansonsten wird die laufende  $\text{NO}_x$ -Regeneration unterbrochen und ein Merker gesetzt (Schritt S6). Mit Hilfe des Merkers wird sichergestellt, daß nach Ende der Leerlaufphase, beispielsweise in einer sich anschließenden Beschleunigungsphase des Kraftfahrzeuges, die  $\text{NO}_x$ -Regeneration wieder aufgenommen wird.

Den Schritten S5 und S6 oder wenn der Wechsel in den Leerlauf nicht während einer laufenden  $\text{NO}_x$ -Regeneration erfolgt (Schritt S3) schließt sich eine Neufestlegung der Schwellenwerte zur Bestimmung der Regenerationsnotwendigkeit an (Schritt S7). Dazu werden die in den herkömmlichen Verfahren genutzten Schwellenwerte für den Beladungszustand beziehungsweise die  $\text{NO}_x$ -Emission erhöht. Selbstverständlich sind die Werte so festzulegen, daß es im Leerlauf nicht zu erheblichen  $\text{NO}_x$ -Durchbrüchen kommen kann. Aufgrund der geringen Abgasmassenströme kann dies jedoch auch mit höheren Schwellenwerten als für die anderen Betriebsphasen der Verbrennungskraftmaschine **10** sichergestellt werden.

Alternativ zu letzterer Vorgehensweise kann im Schritt S7 ein festes Zeitintervall vorgegeben werden, nach dessen Ablauf die  $\text{NO}_x$ -Regeneration durchgeführt werden muß. Neben der geschilderten Vorgehensweise zur Regelung der  $\text{NO}_x$ -Regeneration im Leerlauf hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das Luftverhältnis während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration auf einen Wert im Bereich von  $\lambda = 0,85$  bis  $1,0$  und zumindest weniger fett als bei sonst üblichen  $\text{NO}_x$ -Regenerationen festzulegen, da dann die Lärmentwicklung wesentlich geringer ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration eines im Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine für Kraftfahrzeuge angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, wobei die  $\text{NO}_x$ -Regeneration zumindest dann eingeleitet wird, wenn ein Schwellenwert für einen Beladungszustand des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators oder eine  $\text{NO}_x$ -Emission stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators überschritten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß

(a) erfaßt wird, ob die Verbrennungskraftmaschine (**10**) in einen Leerlauf geschaltet ist, und daß

(b) alternativ oder in beliebiger Kombination  
– im Leerlauf der Schwellenwert für den Beladungszustand oder die  $\text{NO}_x$ -Emission erhöht wird,  
– die  $\text{NO}_x$ -Regeneration nur nach Ablauf vorgegebener Zeitintervalle eingeleitet wird,  
– eine laufende  $\text{NO}_x$ -Regeneration beim Wechsel in den Leerlauf unterbrochen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine laufende  $\text{NO}_x$ -Regeneration beim Wechsel in den Leerlauf nicht unterbrochen wird, wenn eine Schubabschaltungsphase vorliegt, eine Kraftfahrzeug-

geschwindigkeit eine vorgegebene Grenzgesehwindigkeit übersteigt oder eine Drehzahl oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterbrechung einer laufenden NO<sub>x</sub>-Regeneration ein Merker gesetzt wird, der dazu führt, daß die NO<sub>x</sub>-Regeneration in einer sich anschließenden Beschleunigungsphase des Kraftfahrzeuges fortgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Merker zurückgenommen wird, wenn bereits eine NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlaufbetrieb durchgeführt werden mußte.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die NO<sub>x</sub>-Regeneration im Leerlaufbetrieb unter Vorgabe eines Lambda-wertes im Bereich von 0,85 bis 1,0, auf alle Fälle aber weniger fett als bei sonst üblicher NO<sub>x</sub>-Regeneration, durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die NO<sub>x</sub>-Regeneration eingeleitet wird, wenn aus irgendeinem Grund ein Wechsel in den  $\lambda = 1$ -Betrieb erforderlich ist.

7. Vorrichtung zur Steuerung einer NO<sub>x</sub>-Regeneration eines im Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine für Kraftfahrzeuge angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators, mit der die NO<sub>x</sub>-Regeneration zumindest dann eingeleitet wird, wenn ein Schwellenwert für einen Beladungszustand des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators oder eine NO<sub>x</sub>-Emission stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators überschritten wird, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorhanden sind, mit denen

(a) erfaßt wird, ob die Verbrennungskraftmaschine (10) in einen Leerlauf geschaltet ist, und daß

(b) alternativ oder in beliebiger Kombination  
 – im Leerlauf der Schwellenwert für den Beladungszustand oder die NO<sub>x</sub>-Emission erhöht wird,  
 – die NO<sub>x</sub>-Regeneration nur nach Ablauf vorgegebener Zeitintervalle eingeleitet wird,  
 – eine laufende NO<sub>x</sub>-Regeneration beim Wechsel in den Leerlauf unterbrochen wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel ein Steuergerät (36) umfassen, in dem eine Prozedur zur Steuerung der NO<sub>x</sub>-Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (14) im Leerlauf in digitalisierter Form hinterlegt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (36) in ein Motorsteuergerät (20) integriert ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

- Leerseite -

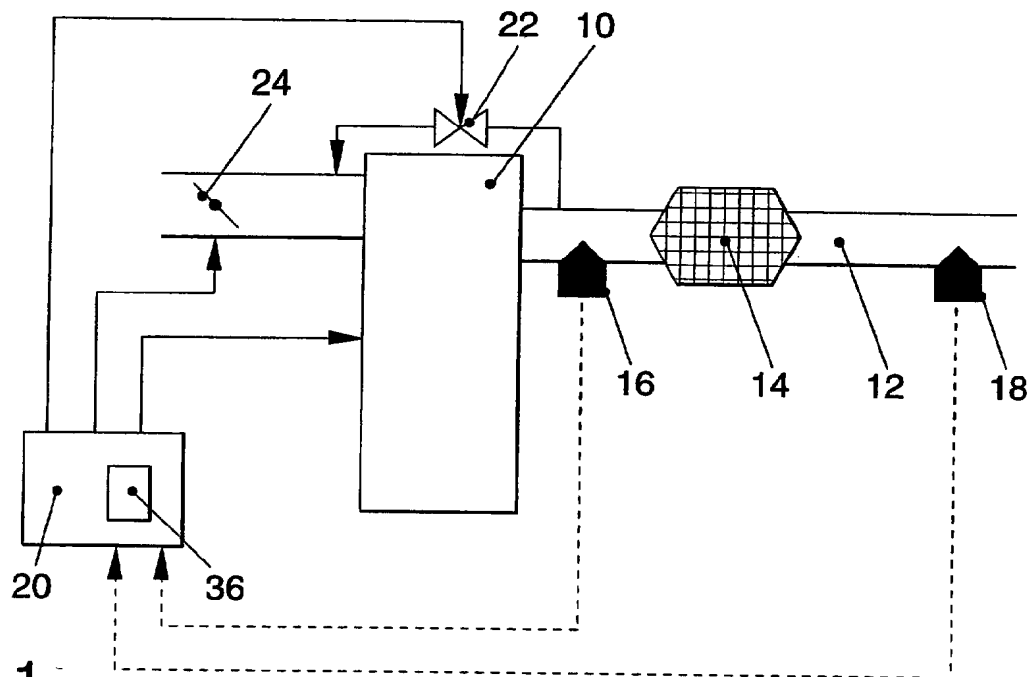


FIG. 1

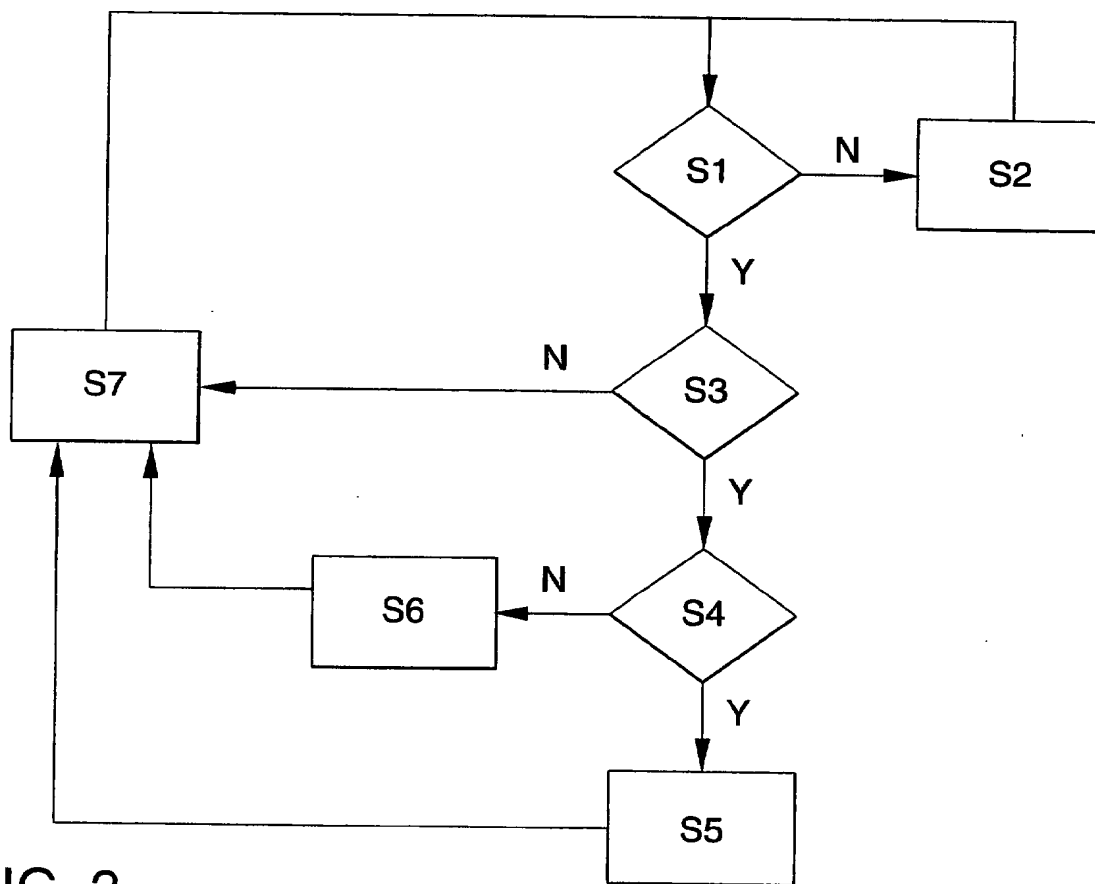


FIG. 2